

## **Simulasi Waduk Sukaraja III, Kecamatan Margatiga, Kabupaten Lampung Timur**

**Febrian<sup>1)</sup>**  
**Gatot Eko Susilo<sup>2)</sup>**  
**Endro P Wahono<sup>3)</sup>**

### **Abstract**

*Sukaraja III's reservoir is one of reservoir that is usefull to irrigate rice fields in Rawa Sragi II. To optimize inflow and storage of Sukaraja III's reservoir, simulation is needed to obtain how many area can be irrigated by optimize the objection function of reservoir.*

*This study was conducted at Sukaraja village, and Negeri Jemanten, Margatiga District, East Lampung Regency. In this study, there're three analysis, analysis of inflow, analysis of outflow and analysis about water balance. Analysis of inflow use Argoguruh's weir discharge data 2005-2012. Analysis of inflow include Argoguruh's weir runoff discharge and discharge of watershed Sukaraja III's dam. Analysis of inflow include evaporation, maintenance flow, and water needs of the irrigation. Analysis about water balance is used to know how much the volume of reservoir which affected by inflow and outflow. Next, do the simulation to get the maximum area of field with meet two requirements. Reservoir water level should always be above 18 meters and must meet 80% reliability.*

*From the analysis, the result for the largest total inflow in 2005 and the smallest total inflow occurred in 2006. Outflow for each year is different because it is influenced by planting different beginning period, the beginning of January and the beginning of December, and evaporation which caused by total area of reservoir inundation. Fields which can be irrigated with initial period of planting in early January is 4739 ha, and fields which can be irrigated with initial period of planting in early December is 5600 ha. This simulation meets 100% reliability and reservoir water level is always above 18 meters.*

*Key word: simulation, inflow, outflow*

### **Abstrak**

Waduk Sukaraja III merupakan waduk yang berguna untuk mengairi areal sawah di Rawa Sragi II. Untuk melakukan optimasi dari *inflow* dan tampungan Waduk Sukaraja III, maka diperlukan suatu simulasi agar memperoleh luasan areal sawah yang dapat diairi secara optimal sekaligus memenuhi fungsi objektif waduk.

Penelitian ini dilakukan di Desa Sukaraja III, dan Negeri Jemanten, Kecamatan Margatiga, Kabupaten Lampung Timur. Dalam penelitian ini dilakukan analisis *inflow*, analisis *outflow* dan analisis *water balance*. Analisis *inflow* menggunakan data debit Bendung Argoguruh tahun 2005-2012. Analisis *inflow* meliputi debit limpasan Bendung Argoguruh dan debit DAS Bendungan Sukaraja III. Analisis *outflow* meliputi evaporasi, kebutuhan air sawah dan *maintenance flow*. Analisis *water balance* digunakan untuk mengetahui berapa volume tampungan waduk akibat *inflow* dan *outflow*. Selanjutnya, dilakukan simulasi untuk mendapatkan luas areal sawah maksimal dengan memenuhi 2 syarat. Elevasi muka air waduk harus selalu diatas elevasi 18 m dan harus memenuhi keandalan sebesar 80%.

---

<sup>1)</sup> Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel: swt36001@gmail.com

<sup>2)</sup> Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar lampung. 35145. surel: gatot89@yahoo.ca

<sup>3)</sup> Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung., 35145. surel: epwahono@gmail.com

Dari analisis yang dilakukan, diperoleh total *inflow* terbesar terjadi pada tahun 2005 dan total *inflow* terkecil terjadi pada tahun 2006. *Outflow* untuk setiap tahun berbeda karena dipengaruhi oleh periode awal tanam yang berbeda, yaitu pada awal Januari dan pada awal Desember, serta evaporasi yang diakibatkan oleh luas areal genangan waduk. Luasan sawah yang dapat diairi dengan periode awal tanam pada awal Januari sebesar 4739 ha dan luasan sawah yang dapat diairi dengan periode awal tanam pada awal Desember sebesar 5600 ha. Simulasi ini memenuhi keandalan 100% dan elevasi muka air waduk selalu diatas elevasi 18 m.

Kata kunci: simulasi, *inflow*, *outflow*

## 1. PENDAHULUAN

Bendungan adalah bangunan melintang sungai yang dibangun untuk meninggikan muka air sehingga diperoleh volume air yang ditampung pada sebuah waduk atau danau buatan. Bendungan memiliki beberapa manfaat, antara lain sebagai penyuplai air bagi kebutuhan domestik, irigasi, pembangkit listrik. Bendungan juga digunakan sebagai tempat pariwisata dan tempat rekreasi.

Di Indonesia, terdapat beberapa bendungan, diantaranya Bendungan Jatiluhur di Provinsi Jawa Barat, Bendungan Gajah Mungkur di Provinsi Jawa Tengah, Bendungan Batu Bulan di Provinsi Nusa Tenggara Barat, Bendungan Tilog di Provinsi Nusa Tenggara Timur, Bendungan Bili-bili di Provinsi Sulawesi Selatan. Provinsi Lampung juga mempunyai bendungan yang tingginya melebihi tinggi rata-rata bendungan pada umumnya. Bendungan tersebut adalah Bendungan Batuteги.

Bendungan Batuteги terletak di Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. Bendungan yang dibangun menggunakan dana APBN dan bantuan *Japan Bank For International Cooperation* (JBIC) ini, berfungsi sebagai pembangkit listrik, penyediaan bahan baku air minum untuk kawasan Kota Bandar Lampung, Kota Metro dan daerah Branti di Kabupaten Lampung Selatan, serta untuk pengairan areal persawahan di Provinsi Lampung.

Untuk membantu pasokan air dari Bendungan Batuteги ke areal persawahan di Rawa Sragi II, Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Kemenpupera), akan membangun tiga bendungan baru di bagian hilir Bendungan Batuteги. Bendungan tersebut adalah Bendungan Sukoharjo di Kabupaten Pringsewu, Bendungan Sukaraja III di Kabupaten Lampung Timur, dan Bendungan Segalamider di Sungai Way Seputih, Kabupaten Lampung Tengah.

Pada perencanaan Bendungan Sukaraja III, Kabupaten Lampung Timur, akan diperoleh Waduk Sukaraja III yang berfungsi untuk mengairi areal persawahan yang terdapat pada daerah Rawa Sragi II. Untuk melakukan optimasi dari *inflow* yang tersedia dan tampungan Waduk Sukaraja III, maka diperlukan simulasi untuk memperoleh luasan areal sawah yang dapat diairi secara optimal dan sekaligus memenuhi fungsi objektif operasi waduk.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Bendungan

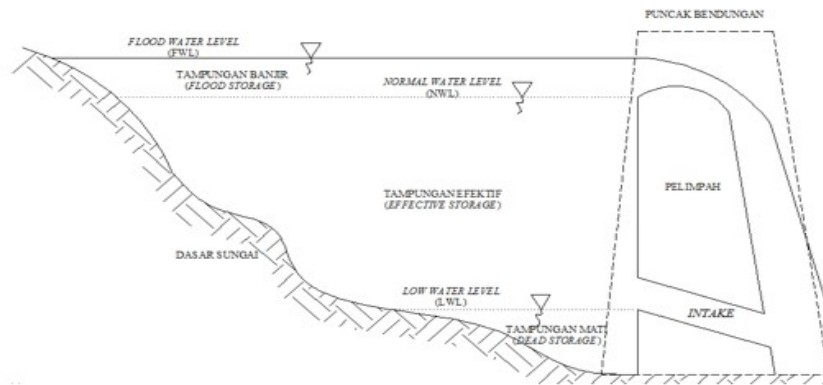
Bendungan dapat dibagi berdasarkan tujuh pendekatan, yaitu berdasar ukurannya, tujuan pembangunannya, penggunaannya, jalannya air, konstruksinya, fungsinya, dan menurut *International Commision On Large Dams* (1928) (Soedibyo, 2003).

Bendungan terdiri dari dua bagian utama, yaitu bangunan utama dan waduk. Bangunan utama terdiri dari badan bendungan, pintu air, bangunan pelimpah dan *intake*.

## 2.2. Waduk

Waduk adalah bagian bendungan yang merupakan tampungan air yang dimanfaatkan sebagai sumber air bagi kepentingan manusia, misalnya untuk kepentingan irigasi, PLTA, dan lain-lain. Berdasarkan fungsinya, waduk diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu, waduk eka guna (*single purpose*) dan waduk multi guna (*multi purpose*).

Berdasarkan fungsinya, waduk memiliki tiga bagian tampungan utama, yaitu tampungan mati (*dead storage*), tampungan efektif (*effective storage*) dan tampungan banjir (*flood storage*).



Gambar 1. Tampungan Waduk dan Water Level.

## 2.3. Waduk Sukaraja III

Waduk Sukaraja III merupakan waduk yang terbentuk sebagai konsekuensi dibangunnya Bendungan Sukaraja III. Adapun data-data mengenai Waduk Sukaraja III dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Teknis Waduk Sukaraja III.

Uraian	Satuan	Data Teknis
Luas daerah pengaliran sungai	km <sup>2</sup>	1758.00
Debit banjir maksimum (Q <sub>PMF</sub> )	m <sup>3</sup> /det	9209.67
Debit banjir kala ulang 1000 tahun (Q <sub>1000</sub> )	m <sup>3</sup> /det	3800.85
Debit banjir kala ulang 100 tahun (Q <sub>100</sub> )	m <sup>3</sup> /det	2632.79
Muka air banjir PMF (HWL)	m	26.54
Muka air banjir 1000 tahun	m	24.49
Muka air banjir 100 tahun	m	23.76
Muka air normal maksimal (NWL)	m	± 22.00
Tampungan bruto (dengan sedimen)	m <sup>3</sup>	157.31 Juta
Tampungan mati pada elevasi 17,75 m	m <sup>3</sup>	19.67 juta
Tampungan Efektif	m <sup>3</sup>	137.64 juta
Usia guna waduk	tahun	50

## 2.4. Operasi Pengaturan Pelepasan Air Waduk

Pengaturan pelepasan air waduk dapat dilakukan dengan pendekatan pola operasi standar (*standart operating rule*) (Jayadi, 2000), seperti persamaan dan gambar dibawah ini.

$$R(t) = S(t) + I(t) - E(t) - DS \quad ; \text{ jika } S(t) + I(t) - E(t) - DS \leq R_T$$

$$\begin{aligned}
 R(t) &= R_T && ; \text{ jika } R_T < S(t) + I(t) - E(t) - DS \leq R_T + K_w - DS \\
 R(t) &= S(t) + I(t) - E(t) - K_w && ; \text{ jika } S(t) + I(t) - E(t) > R_T + K_w \\
 R(t) &= 0 && ; \text{ jika } S(t) + I(t) - E(t) \leq DS
 \end{aligned}$$

Keterangan

- $R_T$  = nilai target *release* waduk (m<sup>3</sup>),
- $R(t)$  = *release* waduk saat ke t (m<sup>3</sup>),
- $S(t)$  = tampungan (*storage*) waduk saat ke t (m<sup>3</sup>),
- $I(t)$  = masukan (*inflow*) air ke dalam waduk saat ke t (m<sup>3</sup>),
- $E(t)$  = kehilangan air akibat evaporasi di waduk saat ke t (m<sup>3</sup>),
- $DS$  = tampungan minimum waduk (m<sup>3</sup>),
- $K_w$  = kapasitas waduk (m<sup>3</sup>).
- $IE$  = efisiensi irigasi

## 2.5. Lengkung Kapasitas

Lengkung kapasitas adalah lengkung yang menunjukkan suatu hubungan antara elevasi dengan volume tampungan, dan elevasi dengan luas genangan.

## 2.6. Constrain Elevation

*Constrain Elevation* atau biasa disebut elevasi tampungan mati adalah elevasi di mana kondisi tampungan berada pada elevasi dasar *intake* sehingga air dapat mengalir ke saluran yang ada.

## 2.7. Objective Function

*Objective function* adalah fungsi matematika sebagai tujuan dari simulasi. *Objective function* dari penelitian ini adalah memaksimalkan luas areal sawah dengan ketersediaan debit yang ada.

## 2.8. Keandalan Simulasi

Keandalan simulasi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$R = \frac{n}{N} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

- $R$  = tingkat keandalan waduk (%)
- $N$  = panjang data periode waktu setengah bulanan
- $n$  = jumlah kegagalan operasi waduk selama periode setengah bulanan

## 2.9. Evaporasi

Evaporasi adalah peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah dan permukaan air ke udara (Soesrodarsono, 2003). Evaporasi dapat dihitung dengan rumus empiris Penman sebagai berikut:

$$E = 0,35 \times (ea - ed) \left( 1 + \frac{V}{100} \right) \quad (2)$$

Keterangan:

- E = evaporasi (mm/hari)
- ea = tekanan uap jenuh pada suhu rata-rata harian (mm Hg)
- ed = tekanan uap sebenarnya (mm Hg)
- V = kecepatan angin pada ketinggian 2 m di atas permukaan tanah (mile/hr)

## 2.10. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah gabungan peristiwa antara evaporasi dan peristiwa penguapan dari tanaman (Soesrodarsono, 2003).

Perhitungan evapotranspirasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus Penman-Monteigh mengacu pada RSNI T-01-2004, sebagai berikut:

$$ET_O = \frac{0,408 \left[ R_n + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a) \right]}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (3)$$

Keterangan:

- ET<sub>O</sub> adalah evapotranspirasi tanaman acuan, (mm/hari).
- R<sub>n</sub> adalah radiasi matahari netto di atas permukaan tanaman, (MJ/m<sup>2</sup>/hari).
- T adalah suhu udara rata-rata, (°C).
- U<sub>2</sub> adalah kecepatan angin pada ketinggian 2 m dari atas permukaan tanah, (m/s).
- e<sub>s</sub> adalah tekanan uap air jenuh, (kPa).
- e<sub>a</sub> adalah tekanan uap air aktual, (kPa).
- Δ adalah kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu, (kPa/°C).
- γ adalah konstanta psikrometrik, (kPa/°C).

## 2.11. Kebutuhan Air Irgasi Selama Penyiapan Lahan (IR)

Berdasarkan Standar Perencanaan Irigasi-Kriteria Perencanaan 01 (KP-01,1986), nilai IR dapat dihitung menggunakan rumus:

$$IR = M \times e^k / (e^k - 1) \quad (4)$$

Keterangan

- IR = Kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan, mm/ hari
- M = Kebutuhan air untuk mengganti/ mengkompensari kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan M = E<sub>o</sub> + P, mm/ hari
- E<sub>o</sub> = Evaporasi air terbuka yang diambil 1,1 x E<sub>T</sub> selama penyiapan lahan, mm/hari
- P = Perkolasi
- K = MT/S
- T = Jangka waktu penyiapan lahan, hari
- S = Kebutuhan air, untuk penjenuhan ditambah dengan lapisan air 50 mm

## 2.12. NFR (Net Field Requirement)

Berdasarkan Standar Perencanaan Irigasi-Kriteria Perencanaan 01 (KP-01,1986), nilai NFR dapat dihitung menggunakan rumus:

$$NFR = ET_C + P - R_e + WLR \quad (5)$$

Keterangan:

- NFR = *Net Field Water Requirement* (kebutuhan dasar air sawah)(mm/hari)
- $ET_C$  = Kebutuhan air bagi tanaman (mm/hari)
- P = Perkolasi (mm/hari)
- $R_e$  = Hujan Efektif (mm/hari)
- WLR = penggantian lapisan air (mm/hari)

### 2.13. Kebutuhan Air Irigasi (DR)

Berdasarkan Standar Perencanaan Irigasi-Kriteria Perencanaan 01 (KP-01,1986), kebutuhan air irigasi dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$DR = \frac{NFR}{(8,64 IE)} \quad (6)$$

Keterangan:

- DR = kebutuhan air irigasi (liter/detik.ha)
- NFR = kebutuhan air di persawahan (mm/hari)
- IE = efisiensi irigasi (0,65)
- 8,64 = nilai konversi dari mm/hari ke l/dt/ha

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi pada penelitian ini adalah Desa Sukaraja III, dan Negeri Jemanten, Kecamatan Margatiga, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. Indonesia.

### 3.2. Data Penelitian

Data yang digunakan adalah data sekunder. Data sekunder yang digunakan diperoleh dari instansi terkait penelitian ini. Adapun data sekunder yang digunakan adalah data survey topografi tahun 2013, data curah hujan jabung tahun 1975-2014, data debit Bendung Argoguruh tahun 2005-2012 dan data klimatologi Sta. Branti.

### 3.3. Analisis Data

Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu melakukan analisis *inflow* yang meliputi debit limpasan Bendung Argoguruh dan debit DAS Bendungan Sukaraja III dimana dihitung dengan menggunakan metode regionalisasi tetapi dengan menganggap koefisien tata guna lahan dan kerapatan sungai sama, melakukan analisis *outflow* yang meliputi *maintenance flow*, evaporasi dan kebutuhan air irigasi, melakukan analisis *water balance*, lalu dilanjutkan dengan simulasi. Simulasi dilakukan sedemikain rupa untuk mendapatkan berapa luas areal sawah yang dapat diairi Waduk Sukaraja III dengan memenuhi keandalan 80% dan elevasi muka air harus selalu diatas *constrain elevation* yaitu 18 m.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Analisis Inflow

#### 4.1.1. Debit Limpasan Bendung Argoguruh

Adapun debit limpasan Bendung Argoguruh dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Debit Limpasan Bendung Argoguruh.

Periode	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Jan I	362,24	0,00	0,00	4,90	19,91	23,58	23,86	168,90
Jan II	110,68	7,81	105,58	0,00	17,86	49,53	0,00	102,29
Feb I	178,12	27,66	3,87	2,79	25,19	64,75	33,06	61,45
Feb II	108,77	35,14	22,26	0,00	40,47	225,06	27,93	59,85
Mar I	166,59	3,91	3,59	18,08	82,40	14,85	10,80	25,63
Mar II	232,68	7,81	2,87	0,14	0,14	108,12	18,34	0,75
Apr I	153,14	14,46	7,53	0,00	0,44	0,00	16,39	54,23
Apr II	3,15	13,66	0,00	0,00	0,00	0,00	4,28	54,23
May I	0,00	0,00	0,00	0,00	12,46	0,00	0,15	0,00
May II	3,78	1,39	35,89	0,00	33,23	4,36	0,41	2,96
Jun I	3,45	0,00	1,61	0,00	0,00	0,00	1,46	0,80
Jun II	67,44	0,00	2,41	0,00	0,00	20,92	0,00	0,00
Jul I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,19	0,00	0,00
Jul II	8,83	0,75	0,14	0,00	0,00	124,92	0,00	0,00
Aug I	31,89	0,00	0,00	0,00	0,00	33,58	0,00	0,00
Aug II	35,61	0,00	0,00	0,00	0,00	127,41	0,00	0,00
Sep I	15,50	3,64	0,00	2,79	0,00	80,57	8,26	0,93
Sep II	76,45	0,00	2,33	12,69	7,24	180,91	1,89	1,63
Oct I	21,82	0,00	0,00	21,28	24,25	145,98	1,67	1,87
Oct II	19,89	0,00	0,50	28,84	10,65	88,77	5,91	5,16
Nov I	23,32	0,00	0,44	83,28	5,75	137,06	0,00	2,41
Nov II	1,03	0,00	0,44	28,98	0,15	34,77	1,60	12,47
Dec I	0,15	0,00	0,00	106,49	0,15	95,86	3,82	21,87
Dec II	0,29	5,11	38,30	252,15	40,51	0,75	5,95	111,98

#### 4.1.2. Debit DAS Bendungan Sukaraja III

Debit DAS Bendungan Sukaraja III dihitung dengan mengalikan debit total dari Bendung Argoguruh dengan perbandingan luas antara DAS Margatiga dan DAS Bendung Argoguruh.

Tabel 3. Debit Total Bendung Argoguruh.

Periode	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Jan I	446,43	32,61	30,41	48,26	79,97	82,19	94,13	247,60
Jan II	188,53	62,42	169,02	40,50	93,49	122,13	0,00	182,15
Feb I	266,71	91,15	55,86	47,74	103,36	133,63	129,63	121,99
Feb II	187,69	94,91	109,06	38,37	94,17	299,27	89,96	118,35
Mar I	239,64	43,11	57,66	123,17	133,64	83,08	71,68	84,28
Mar II	301,06	62,42	61,89	44,85	42,97	177,48	62,48	45,70
Apr I	211,51	64,43	70,00	36,24	46,08	79,80	69,64	115,43
Apr II	54,27	64,24	33,45	32,02	29,08	40,34	60,91	115,43
May I	29,74	34,40	38,93	24,46	56,87	39,94	40,28	30,15
May II	35,21	49,20	86,56	26,30	76,71	38,02	36,82	47,04
Jun I	37,66	40,08	38,04	28,34	0,00	34,88	42,02	33,43
Jun II	105,52	32,61	32,91	26,26	33,08	53,78	32,66	26,36
Jul I	23,15	31,54	35,59	23,72	32,20	35,64	0,00	26,58
Jul II	37,50	37,42	36,72	18,84	27,98	140,58	0,00	25,50
Aug I	47,38	27,04	19,37	17,42	19,12	47,23	31,49	22,83
Aug II	47,76	14,27	10,26	14,33	18,04	131,79	33,71	14,27
Sep I	15,50	8,16	2,92	8,34	11,33	80,57	8,26	3,41
Sep II	76,45	4,37	2,63	12,69	7,24	180,91	3,12	1,63
Oct I	21,82	5,58	3,67	21,28	24,25	145,98	3,00	1,87
Oct II	19,89	3,47	2,82	28,84	10,65	97,23	6,68	5,43
Nov I	37,49	3,08	10,92	86,18	11,57	144,52	6,65	4,59
Nov II	32,47	2,89	12,85	36,51	10,82	36,07	30,03	24,88
Dec I	36,04	11,56	16,84	126,83	21,89	143,08	42,22	48,08
Dec II	54,26	36,01	98,40	305,47	82,28	37,68	52,92	153,44

Contoh perhitungan Debit DAS Bendungan Sukaraja III periode Januari I tahun 2005

Luas DAS Bendung Argoguruh = 1430 m<sup>2</sup>

Luas DAS Margatiga = 328 m<sup>2</sup>

Debit total Bendung Argoguruh = 446,43 m<sup>3</sup>/dt

Debit DAS Bendungan Sukaraja III = 328/1430\*446,43 = 102,40 m<sup>3</sup>/dt

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Debit DAS Bendungan Sukaraja III.

Periode	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Jan I	102,40	7,48	6,97	11,07	18,34	18,85	21,59	56,79
Jan II	43,24	14,32	38,77	9,29	21,44	28,01	0,00	41,78
Feb I	61,17	20,91	12,81	10,95	23,71	30,65	29,73	27,98
Feb II	43,05	21,77	25,01	8,80	21,60	68,64	20,63	27,15
Mar I	54,97	9,89	13,23	28,25	30,65	19,06	16,44	19,33
Mar II	69,05	14,32	14,20	10,29	9,86	40,71	14,33	10,48
Apr I	48,51	14,78	16,06	8,31	10,57	18,30	15,97	26,48
Apr II	12,45	14,73	7,67	7,34	6,67	9,25	13,97	26,48
May I	6,82	7,89	8,93	5,61	13,05	9,16	9,24	6,92
May II	8,08	11,29	19,85	6,03	17,59	8,72	8,44	10,79
Jun I	8,64	9,19	8,72	6,50	0,00	8,00	9,64	7,67
Jun II	24,20	7,48	7,55	6,02	7,59	12,34	7,49	6,05
Jul I	5,31	7,24	8,16	5,44	7,39	8,18	0,00	6,10
Jul II	8,60	8,58	8,42	4,32	6,42	32,24	0,00	5,85
Aug I	10,87	6,20	4,44	4,00	4,39	10,83	7,22	5,24
Aug II	10,95	3,27	2,35	3,29	4,14	30,23	7,73	3,27
Sep I	3,56	1,87	0,67	1,91	2,60	18,48	1,89	0,78
Sep II	17,53	1,00	0,60	2,91	1,66	41,49	0,72	0,37
Oct I	5,01	1,28	0,84	4,88	5,56	33,48	0,69	0,43
Oct II	4,56	0,80	0,65	6,62	2,44	22,30	1,53	1,25
Nov I	8,60	0,71	2,51	19,77	2,65	33,15	1,53	1,05
Nov II	7,45	0,66	2,95	8,37	2,48	8,27	6,89	5,71
Dec I	8,27	2,65	3,86	29,09	5,02	32,82	9,68	11,03
Dec II	12,45	8,26	22,57	70,07	18,87	8,64	12,14	35,20

## 4.2. Analisis Outflow

### 4.2.1. Maintenance Flow

*Maintenance flow* pada penelitian ini diasumsikan sebesar 2 m<sup>3</sup>/dt. Data ini didapat dari Review Design Bendungan Sukaraja III, PT. Virama Karya.

### 4.2.2. Evaporasi

Contoh perhitungan evaporasi pada periode Januari I tahun 2005 diketahui:

Kelembaban relatif = 85,09%  
 Kecepatan angin (V) = 62,08 km/hr = 62080 m/hr = 38,57 mile/hr  
 Suhu (T) = 25,98°C  
 ea = 25,89 mm Hg  
 ed = 25,89 \* 85,09% = 22,03 mm Hg

$$E = 0,35 \times (ea - ed) \left(1 + \frac{V}{100}\right) = 1,87 \text{ mm/hari}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Evaporasi (I).

Periode	Jan I	Jan II	Feb I	Feb II	Mar I	Mar II	Apr I	April II
Evaporasi	1.87	2.07	1.91	1.86	1.78	1.81	1.88	1.89

Tabel 6. Hasil Perhitungan Evaporasi (II).

Periode	Mei I	Mei II	Jun I	Jun II	Jul I	Jul II	Ags I	Ags II
Evaporasi	1.86	2.09	1.87	2.19	2.29	2.44	2.48	2.70



Tabel 7. Hasil Perhitungan Evaporasi (III).

Periode	Sept I	Sept II	Okt I	Okt I	Nov I	Nov II	Des I	Des II
Evaporasi	2.65	2.85	2.89	2.78	2.56	2.23	2.14	2.05

#### 4.2.3. Evapotranspirasi

Contoh perhitungan evapotranspirasi pada periode Januari tahun 2005 diketahui:

Suhu rata-rata (T) = 26,07°C  
 Kelembaban relatif rata-rata (RH) = 84,51%  
 Kecepatan angin rata-rata (U2) = 64,46 km/hari

$$ET_O = \frac{0,408 \left[ R_n + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a) \right]}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} = 4,06 \text{ mm/hari}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Evapotranspirasi.

Periode	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
Evapotranspirasi	4.06	3.92	3.81	4.02	4.10	4.10	4.31	4.81	5.30	5.66	5.79	5.04

#### 4.2.4. Kebutuhan Air Irigasi Selama Penyiapan Lahan

Contoh perhitungan kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan (IR) periode Januari tahun 2005

$ET_O$  = 4,06 mm/hari  
 P = 2 mm/hari  
 T = 30 hari  
 S = 300 mm

$$IR = M \times e^k / (e^k - 1) = 13,58 \text{ mm/hari}$$

#### 4.2.5. NFR (Net Field Requirement)

Contoh perhitungan NFR pada periode Februari I diketahui:

$ET_O$  = 3,92 mm/hari  
 P = 2 mm/hari  
 WLR = 1,7 mm/hari  
 c = 1,1  
 $R(1/2 \text{ bulanan})$  = 92,8 mm  
 $ET_C$  =  $3,92 \times 1,1$  = 4,31 mm/hari  
 Re =  $0,5 \times 92,8 / 15$  = 4,33 mm/hari  
 $NFR = ET_C + P - Re + WLR = 3,68 \text{ mm/hari}$

#### 4.2.6. Kebutuhan Air Irigasi (DR)

Contoh perhitungan DR pada periode Februari I tahun 2005  
 NFR = 3,68 mm/hari

$$DR = \frac{NFR}{(8,64 IE)} = 0,65 \text{ liter / detik / ha}$$

Perhitungan NFR dan DR dibagi menjadi dua yaitu pola tanam Padi-Padi-Bera dengan awal tanam pada periode Desember I (Tabel 9) dan pola tanam Padi-Padi-Bera dengan awal tanam pada periode Januari I (Tabel 10).

Tabel 9. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi (DR) Dengan Awal Tanam Periode Desember I.

Periode		Eto mm/hari	P mm/hari	Re mm/hari	WLR mm/hari	c	Etc	NFR mm/hari	DR l/dt/ha
November	I	5.79	2	0.61					
	II	5.79	2	1.40					
Desember	I	5.04	2	2.02		LP	14.24	12.23	2.18
	II	5.04	2	1.44		1.1	14.24	12.80	2.28
Januari	I	4.06	2	2.11	1.7	1.1	4.46	6.05	1.08
	II	4.06	2	4.26	1.7	1.05	4.26	3.70	0.66
Februari	I	3.92	2	0.00	1.7	1.05	4.11	3.48	0.62
	II	3.92	2	3.06	1.7	0.95	3.72	4.36	0.78
Maret	I	3.81	2	3.17		0	0.00	0.00	0.00
	II	3.81	2	1.06		0	0.00	0.00	0.00
April	I	4.02	2	1.54		LP	11.95	10.41	1.85
	II	4.02	2	1.86		1.1	11.95	10.09	1.80
Mei	I	4.10	2	1.02	1.7	1.1	4.51	7.19	1.28
	II	4.10	2	0.48	1.7	1.05	4.31	7.53	1.34
Juni	I	4.10	2	1.00	1.7	1.05	4.31	7.00	1.25
	II	4.10	2	0.11	1.7	0.95	3.90	7.49	1.33
Juli	I	4.31	2	0.66		0	0.00	0.00	0.00
	II	4.31	2	0.13			0.00	0.00	0.00
Agustus	I	4.81	2	0.07					
	II	4.81	2	0.00					
September	I	5.30	2	0.00					
	II	5.30	2	0.00					
Oktober	I	5.66	2	0.00					
	II	5.66	2	0.20					

Tabel 10. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi (DR) Dengan Awal Tanam Periode Januari I.

Periode	Eto mm/hari	P mm/hari	Re mm/hari	WLR mm/hari	c	Etc	NFR mm/hari	DR l/dt/ha
November I	5.79	2	0.61					
II	5.79	2	1.40					
Desember I	5.04	2	2.02					
II	5.04	2	1.44					
Januari I	4.06	2	2.11		LP	13.58	11.46	2.04
II	4.06	2	4.26		1.1	13.58	9.32	1.66
Februari I	3.92	2	0.00	1.7	1.1	4.31	3.68	0.65
II	3.92	2	3.06	1.7	1.05	4.11	4.76	0.85
Maret I	3.81	2	3.17	1.7	1.05	4.00	4.54	0.81
II	3.81	2	1.06	1.7	0.95	3.62	6.26	1.11
April I	4.02	2	1.54		0	0.00	0.00	0.00
II	4.02	2	1.86		0	0.00	0.00	0.00
Mei I	4.10	2	1.02		LP	12.01	10.99	1.96
II	4.10	2	0.48		1.1	12.01	11.53	2.05
Juni I	4.10	2	1.00	1.7	1.1	4.51	7.21	1.28
II	4.10	2	0.11	1.7	1.05	4.31	7.90	1.41
Juli I	4.31	2	0.66	1.7	1.05	4.53	7.57	1.35
II	4.31	2	0.13	1.7	0.95	4.10	7.66	1.36
Agustus I	4.81	2	0.07		0	0	0	0
II	4.81	2	0.00			0	0	0
September I	5.30	2	0.00					
II	5.30	2	0.00					
Oktober I	5.66	2	0.00					
II	5.66	2	0.20					

#### 4.3. Simulasi Waduk

Langkah-langkah untuk melakukan simulasi adalah sebagai berikut:

1. Penentuan elevasi awal tampungan ( $El_O$ ) = +22 m
2. Penentuan luas genangan waduk (A) didapat dengan memasukkan nilai elevasi awal tampungan ( $El_O$ ) ke dalam persamaan

$$\begin{aligned}
 A &= -0.3345 El^3 + 20.514 El^2 - 238.23 El + 427.13 \\
 &= -0.3345 (22)^3 + 20.514 (22)^2 - 238.23 (22) + 427.13 \\
 &= 1553,9 \text{ juta m}^2
 \end{aligned}$$

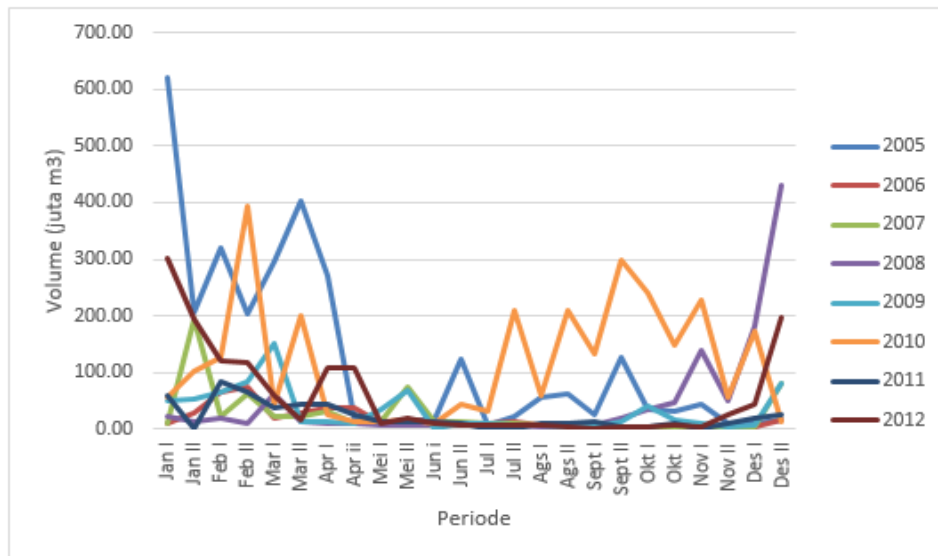
3. Penentuan volume tampungan awal ( $S_O$ ), didapat dengan memasukkan nilai elevasi awal tampungan ( $El_O$ ) ke dalam persamaan

$$\begin{aligned}
 S &= 0,8613 El^2 - 22,506 El + 147,46 \\
 &= 0,8613 (22)^2 - 22,506 (22) + 147,46 \\
 &= 69,20 \text{ juta m}^3
 \end{aligned}$$

4. Penentuan total *inflow*, contoh pada periode Januari I tahun 2005

$$\begin{aligned}
 \text{Debit limpasan bendung Argoguruh} &= 362,24 \text{ m}^3/\text{dt} \\
 &= 362,24 \times 86400 \times 15,5 / 10^6 \\
 &= 485,12 \text{ juta m}^3 \\
 \text{Debit DAS Bendungan Sukaraja III} &= 102,4 \text{ juta m}^3 \\
 &= 102,4 \times 86400 \times 15,5 / 10^6 \\
 &= 132,13 \text{ juta m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi, total } \textit{inflow} \text{ pada periode Januari I tahun 2005} = 622,25 \text{ juta m}^3$$



Gambar 2. Grafik Total *Inflow* Tahun 2005-2012.

5. Penentuan total *outflow*, contoh pada periode Januari I tahun 2005
  - a) *Maintenance flow* (MF)
 
$$MF = 2 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$= 2 \times 86400 \times 15,5 / 10^6$$

$$= 2,68 \text{ juta m}^3$$
  - b) Evaporasi (E)
 
$$E = 1,79 \text{ mm/hari}$$

$$= (1,79/1000) \times (A/10000) \times 15,5 / 10^6$$

$$= (1,79/1000) \times (1553,9/10000) \times 15,5 / 10^6$$

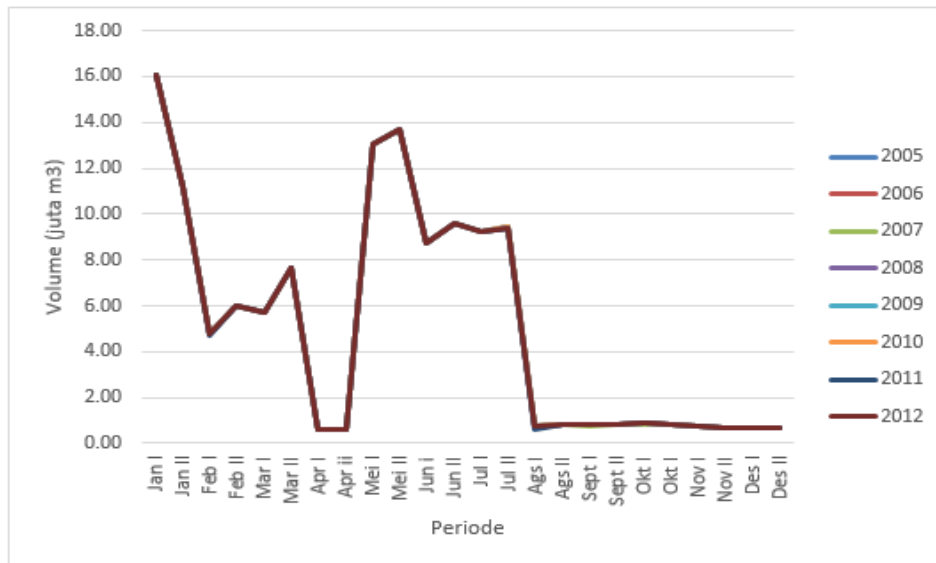
$$= 0,43 \text{ juta m}^3$$
  - c) Kebutuhan Air Irigasi (DR), dimisalkan luas areal sawah (a) = 4739 ha
 
$$DR = 2,04 \text{ liter/detik/ha}$$

$$= 2,04 \times a \times 86400 \times 15,5 / 10^9$$

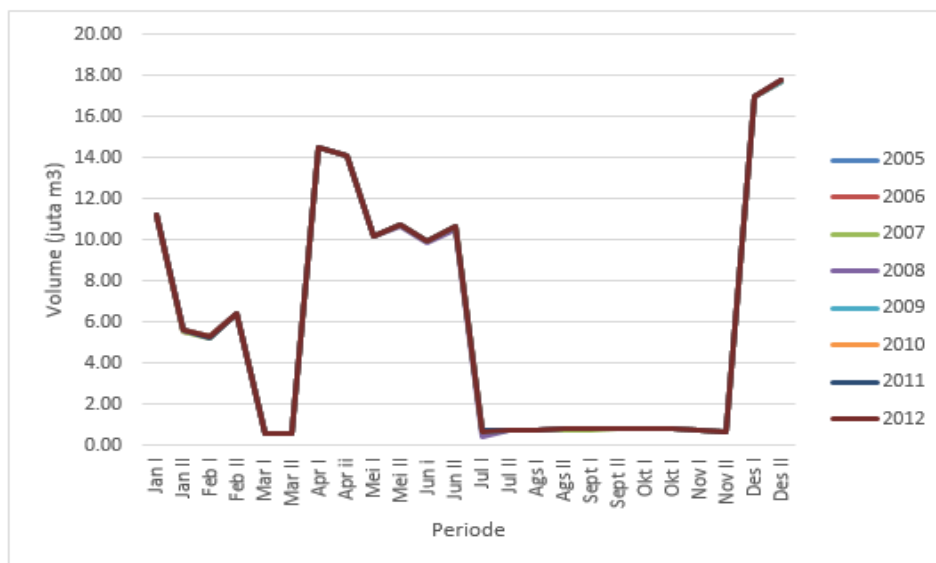
$$= 2,04 \times 4739 \times 86400 \times 15,5 / 10^9$$

$$= 12,96 \text{ juta m}^3$$

Jadi, total *outflow* pada periode Januari I tahun 2005 = 16,09 juta m<sup>3</sup>



Gambar 3. Grafik Total *Outflow* Setiap Tahun Dengan Periode Awal Tanam Januari I.



Gambar 4. Grafik Total *Outflow* Setiap Tahun Dengan Periode Awal Tanam Desember I.

Langkah selanjutnya adalah mencari volume tampungan akhir ( $S_t$ ) dengan menggunakan *water balance*.

Contoh pada periode Januari I tahun 2005

$$\text{Volume tampungan awal } (S_0) = 1553,9 \text{ juta m}^3$$

$$\text{Kumulatif inflow } (\Delta I) = 622,5 \text{ juta m}^3$$

$$\text{Kumulatif } (\Delta O) = 16,09 \text{ juta m}^3$$

Dari data diatas, dapat dilihat bahwa:

$$S_0 + \Delta I > \Delta O \text{ maka } S_t = S_0 + \Delta I - \Delta O = 1553,9 + 622,5 - 16,09 = 675,35 \text{ juta m}^3$$

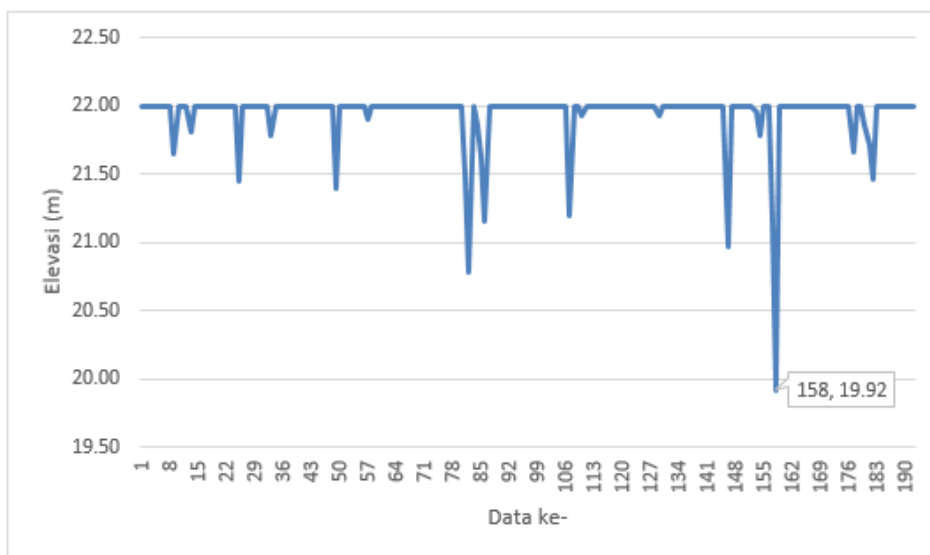
Volume tampungan akhir ( $S_t$ ) ( $675,35 \text{ juta m}^3$ ) > volume tampungan awal ( $S_0$ ) ( $69,20 \text{ juta m}^3$ ), maka dianggap melimpas dan volume tampungan akhir ( $S_t$ ) bernilai sama dengan volume tampungan awal ( $S_0$ ). Lalu nilai volume tampungan akhir ( $S_t$ ) dimasukkan kedalam Persamaan 3.1 untuk mendapatkan elevasi akhir ( $El_t$ )

$$\begin{aligned} El_t &= -0.0003 (69,2)^2 + 0.1303 (69,2) + 14.565 \\ &= 22 \text{ m} > \text{constrain elevation (18 m)} \end{aligned}$$

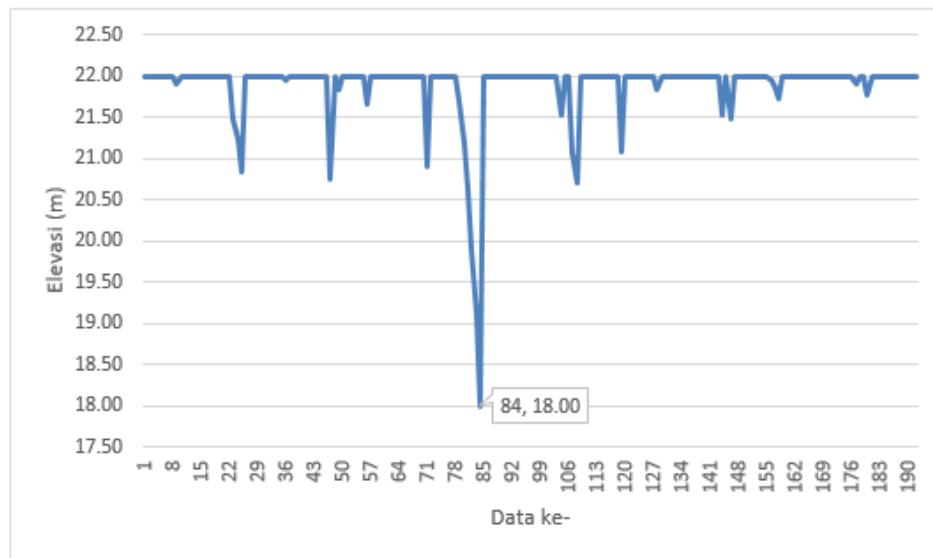
Elevasi akhir ( $El_t$ ) > *constrain elevation* (18 m), maka elevasi akhir ( $El_t$ ) bernilai 1. Elevasi akhir ( $El_t$ ) digunakan untuk menentukan elevasi awal ( $El_0$ ) pada periode selanjutnya. Setelah dilakukan pengulangan selama simulasi dari tahun 2005-2012, dilakukan perhitungan untuk menentukan berhasil atau tidaknya simulasi tersebut.

Simulasi dilakukan sedemikian rupa agar dapat diperoleh luas areal sawah maksimal yang dapat diairi dengan memenuhi syarat *constrain elevation* dan keandalan sebesar 80%.

Setelah dilakukan simulasi, maka didapat luas areal sawah yang dapat diairi Waduk Sukaraja III sebesar 4739 ha dengan periode awal tanam Januari I dan 5600 ha dengan periode awal tanam Desember I. Adapun hasil elevasi muka air waduk selama simulasi dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Elevasi Hasil Simulasi Dengan Periode Awal Tanam Januari I.



Gambar 6. Elevasi Hasil Simulasi Dengan Periode Awal Tanam Desember I.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Dari hasil analisis *inflow*, dapat disimpulkan bahwa total *inflow* terbesar terjadi pada tahun 2005 dan total *inflow* terkecil pada tahun 2006.
- Outflow* yang berbeda adalah evaporasi yang dipengaruhi oleh luas genangan waduk setiap periode. *Outflow* yang sama adalah *maintenance flow* dan kebutuhan air irigasi, dikarenakan pola tanam yang sama setiap tahun yaitu pola tanam padi-padi-bera tetapi dengan periode awal tanam yang berbeda.
- Water balance* berbeda-beda untuk setiap periodenya, dikarenakan total *inflow* dan total *outflow* yang berbeda jumlahnya.
- Dari hasil simulasi, didapatkan luas areal sawah yang dapat diairi oleh Waduk Sukaraja III sebesar 4748 ha untuk periode awal tanam Januari I dan luas sawah sebesar 5600 ha untuk periode awal tanam Desember I. Hal ini memenuhi keandalan 100% dan memenuhi *constrain elevation*, yaitu elevasi muka air selalu berada di atas elevasi +18 m.

### 5.2. Saran

- Data debit yang digunakan sebaiknya hasil dari pengukuran langsung dari lapangan sehingga hasil yang diperoleh lebih akurat.
- Perlu adanya kajian lebih lanjut mengenai simulasi waduk apakah dapat memenuhi kebutuhan PLTA atau tidak.
- Perlu dilakukan analisis koefisien tata guna lahan dan kerapatan jaringan sungai jika ingin menggunakan metode Regionalisasi untuk perhitungan debit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Jayadi, R., 2000, *Teknik Optimasi untuk Pengelolaan Sumberdaya Air*, Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.
- KP-01, 1986, *Standar Perencanaan Irigasi*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- RSNI T-01, 2004, *Tata Cara Perhitungan Evapotranspirasi Tanaman Acuan Dengan Metode Penman-Monteith*.
- Soedibyo, 2003, *Teknik Bendungan*, Jakarta: Prandya Paramita.
- Sosrodarsono, Suyono, 2003, *Hidrologi Untuk Pengairan*, Jakarta: Prandya Paramita.